

# STUDI KOMPARASI KINERJA *HULL FORM* METODE *SHELTEMA* DENGAN *HULL FORM* KAPAL IKAN TRADISIONAL TIPE DAERAH BATANG

A.F. Zakki\*, Parindungan Manik\*

\*Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, UNDIP

## ABSTRACT

*This study comparison of hull form performance was analysed because there was suggestion that a ship was built by hull form scheming this time (Scheltema, Formdata, NPL Series) is better than a ship that was built traditionally because there is no basic erudite calculation in hull form design. So hull form design was result of natural adaptation. Such performance are ship's resistance, stability, and ship's navigation.*

*This research about hull form performance is expected can give information about hull form performance using Scheltema method and can be one of alternative to hull form of fishing vessel design development to the modern design.*

*The result based on the calculation and analysis, show that at a ship speed 9 knot, Scheltema method hull form can reduce wave resistance equal to 29,54% than Batang's hull form. Meanwhile from stability facet, various condition shows that Batang's hull form was better than Scheltema method. Meanwhile at wave spectrum 45°, rolling movement of Batang's hull form was lower than Scheltema method. However at wave spectrum 90° rolling movement of Scheltema method was lower than Batang's hull form. The over all result show that Scheltema method more comfort than Batang's hull form.*

*Keywords :Performance, hull form, fishing vessel, resistance, stability, ship's navigation.*

## Pendahuluan

Sesuai dengan perkembangan dunia perkapalan saat ini, bidang perancangan kapal sudah banyak mengalami perubahan dan sesuai dengan budaya teknologi. Hal ini dapat kita lihat dengan banyaknya hasil penelitian terhadap kapal modern, baik dari segi konstruksi, aspek-aspek hidrodinamis maupun sistem keselamatan. Sehingga kapal modern memiliki kinerja yang baik dalam pengoperasian dan produktifitasnya, karena di bangun berdasarkan hasil penelitian yang merupakan hasil perhitungan, pengujian dan pemodelan.

Berbeda halnya dengan pembangunan kapal yang dilakukan secara tradisional, biasanya tidak ada perencanaan dan perhitungan awal sebelum kapal itu dibangun, baik dari sisi desain konstruksi, proses pemilihan material dan pemasangannya, melainkan para pengrajin kapal dalam profesinya sebagai perancang kapal dan pembuat kapal, pada dasarnya hanya meneruskan ide dan kebiasaan dari para pendahulunya yang membangun kapal berdasarkan kendala-kendala yang diberikan alam. Jadi, kapal tradisional merupakan hasil adaptasi dengan alam karena dibangun berdasarkan kondisi dan penyesuaian dari alam. Faktor kepercayaan dan kondisi alam inilah yang membuat tiap-tiap wilayah di Indonesia memiliki bentuk desain kapal yang berbeda.

Kabupaten Batang merupakan sentra produksi kapal tradisional. Dilihat dari segi produktifitas galangan,

terbukti CV. Laksana Abadi sebagai galangan kapal tradisional pada tahun 2000 mampu memproduksi kapal berjumlah 18 unit dalam jangka waktu 12 bulan. (Suara Merdeka, 2002). Kapal-kapal yang dibangun di galangan Laksana Abadi memiliki variasi ukuran yang beraneka ragam, mulai dari kapal dengan ukuran lunas 10 meter, 15 meter, sampai ukuran lunas 25 meter. Kabupaten Batang terletak pada 6° 51' 46" sampai 7° 11' 47" Lintang Selatan dan antara 109° 40' 19" sampai 110° 03' 06" Bujur Timur di pantai utara Jawa Tengah.

Proyek pengembangan perekayasaan teknologi oleh pemerintah (BBPPI) terhadap kapal tradisional memang sudah dilakukan tetapi baru berjalan pada hal yang berkaitan dengan pengelasan kapal, keselamatan, pengawakan dan pengukuran kapal. Belum ada penelitian mengenai bentuk dan kinerja *hull form* kapal tradisional khususnya tipe Batang.

Sementara kita ketahui dalam perancangan kapal-kapal modern, ada beberapa acuan standar dalam perancangan *hull form*, salah satunya adalah *hull form* dengan metode *Scheltema* (Scheltema de heere, RF, 1969). Metode ini digunakan untuk menggambar karakter lambung kapal secara melintang (*body plan*), sehingga dari gambar *body plan* dapat diproyeksikan kedalam bentuk memanjang kapal yaitu proyeksi *sheer plan* dan *half breadth plan*. Metode ini dirancang sejak awal menggunakan penggerak motor

serta telah dianalisa sesuai dengan teori yang ada saat ini.

Perbedaan kapal yang dibangun berdasarkan hasil penelitian dan hasil adaptasi dengan alam diatas mendorong peneliti untuk membandingkan kinerja (karakteristik hidrostatis, hambatan, stabilitas, *seakeeping performance*) dari *hull form* kapal tradisional tipe Batang dengan *hull form* yang sesuai dengan metode *Scheltema*, sehingga dapat diketahui kinerja *hull form* mana yang paling baik dan sesuai dengan perairan Indonesia.

## Tinjauan Pustaka

### Hull Form Metode Scheltema

Metode *Scheltema* dalam pembacaan luas tiap-tiap station dalam persen terhadap luas *midship* ( $A\Phi$ ) menggunakan diagram NPL. Persen luasan station tersebut merupakan fungsi dari *speed constant* ( $V_s/V_1$ ) dan *Prismatic coefficient*  $\Delta$  ( $C_p$ ), dimana  $\Delta = \text{displacement}$ .

Jika ukuran-ukuran utama, koefisien, serta kecepatan (dalam knot) sudah ditentukan, maka dengan diagram NSP dapat dibuat *Curve of Section Areas*.

Langkah-langkah membuat *Curve of Section Areas*:

1. Dari ukuran utama yang diberikan kita dapat menghitung volume *displacement* kapal dengan rumus :

$$V = L \times B \times T \times \sigma \text{ (m}^3\text{)}$$

dimana:  $L = L_{wl}$

$T = \text{sarat}$

$$\sigma = \sigma_{wl} = \sigma \cdot L_{pp}/L_{wl}$$

2. Dari *speed constant*  $V_s/V_1$ , dimana  $V_s = V$  dinas dalam knot dan  $L = L_{\text{displacement}}$  dalam ft atau  $C_b$  yang sesuai dengan yang sudah ditentukan, kita dapat menentukan persentase luas dari tiap-tiap station terhadap luas *midship* (lihat lampiran). Luas *midship* =  $B \times T \times \beta \text{ (m}^2\text{)}$ .
3. Letak titik tekan memanjang (LCB) berdasarkan persentase luas station yang sudah diperoleh dapat ditentukan dengan pertolongan garis lengkung **b**. Letak titik tekan menurut garis lengkung **b** akan memberi tahanan yang kecil dan *propulsive coefficient* yang baik. Batas variasi letak titik tekan memanjang yang memberikan tahanan yang kecil dan *propulsive coefficient* yang baik ialah lengkung **a** dan **c**. Dalam mempergunakan diagram NSP ini selalu diambil  $L_{\text{displacement}}$  yang besarnya :
  - Untuk *single screw ship*,  $L_{\text{displ}} = \frac{1}{2} (L_{wl} + L_{pp}) \text{ (ft)}$
  - Untuk *twin screw ship*,  $L_{\text{displ}} = L_{wl} \text{ (ft)}$

Letak titik tekan tersebut diatas adalah terhadap  $\frac{1}{2} L_{\text{displacement}}$  dari FP. Yang dipakai adalah koefisien prismatik depan dan belakang, sehingga kita dapat membaca luas tiap-tiap station terhadap luas *midship* ( $A\phi$ ). Selain itu dapat kita baca juga letak titik tekan memanjang (LCB) dan harga-harga *Block coefficient* ( $\delta$ ) dan *Midship-section coefficient* ( $\beta$ ) yang dianjurkan oleh NSP untuk suatu harga *Prismatic coefficient* ( $\phi$ ).

4. Cara penggambaran *Curve of Section Areas*

Untuk panjang *displacement* dengan skala tertentu, selalu kita bagi menjadi 20 bagian yang sama, dan pada titik-titik bagi ini dibuat garis yang tegak lurus, kita ukurkan luas-luas station dalam skala luas yang tertentu. Dengan demikian *Curve of Section Areas* dapat kita gambar.

Dari pembacaan diagram NSP kita dapat menentukan letak titik tekan memanjang dan hasil ini kita *chek* dengan hasil perhitungan (dengan cara simson dsb), dimana perbedaan letak antara kedua titik tekan ini yang diijinkan ialah 0.1%  $L_{\text{displacement}}$ .

5. Cara penggambaran garis air ( $L_{wl}$ )

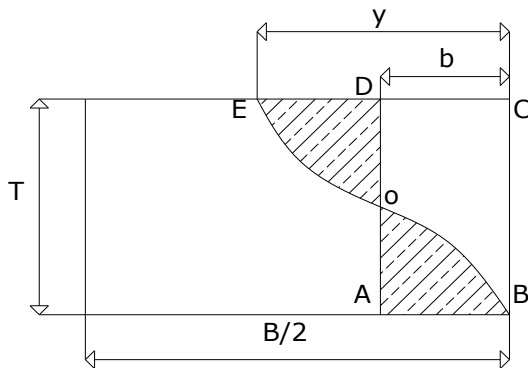
$$\text{Luas garis air} = L_{wl} \times B \times \alpha \text{ (m}^2\text{)}$$

Kita tentukan besar sudut masuk (*angle of entrance*) dengan pertolongan gambar-gambar sudut masuk yang merupakan fungsi dari  $\phi = \text{Prismatic coefficient}$  bagian depan.  $\phi$  ini dapat dihitung dengan membagi volume *displacement* bagian depan (dengan cara simson, dll) dengan luas  $\otimes \times \frac{1}{2} L_{\text{displ}}$ , atau rumus :

$\phi \sigma$ ,  $\phi \sigma = (1.40 + \phi) e$ , dimana  $e =$  perbandingan jarak titik tekan memanjang dibelakang atau dimuka  $\frac{1}{2} L_{\text{displ}}$  terhadap  $L_{\text{displacement}}$ . Bagian garis air yang mempunyai ordinat-ordinat yang sama dengan ordinat di *midship* harus lebih panjang dari *parallel middle body* pada *Curve of Section Areas* kita. Sekarang kita dapat membuat suatu bentuk garis air dan kemudian luasnya kita hitung dengan planimeter atau dengan cara simson, dll, dan hasil kita *chek* terhadap luas  $L_{wl}$  yang didapat dari rumus  $L_{wl} \times B \times \alpha$  dengan kesalahan yang diijinkan sebesar 0.5%.

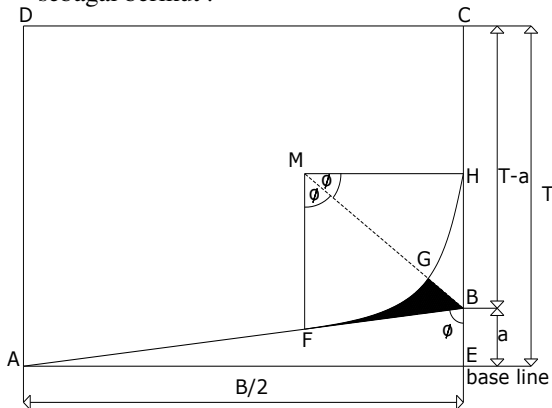
6. Sekarang kita dapat membuat bentuk dari setiap station dengan planimeter. Pertama kita buat empat persegi panjang dengan sisi-sisi  $\frac{1}{2} B$  dan  $T$ . Pada garis air  $T$  diukur garis **b** yang besarnya =  $\frac{1}{2}$  luas station dibagi  $T$ . Dibuat empat persegi panjang ABCD yang diukur pada garis air.  $T$  garis  $y = \frac{1}{2}$  lebar garis air pada station yang bersangkutan. Dari titik E

kita merencanakan bentuk station sedemikian sehingga luas oDE = luas oAB, letak titik o dari station = station harus merupakan gari lengkung yang fair. Setelah bentuk station selesai kita buat, kita lakukan pengecekan volume displ dari bentuk-bentuk station yang kita buat terhadap volume displ yang diketahui  $V = L \times B \times T \times C_b$  (dengan mengabaikan volume *cant-part*) selanjutnya kita dapat melanjutkan pembuatan *line* dengan cara-cara yang sudah kita ketahui.



Gambar 1. Contoh pembuatan *station* dengan menggunakan planimeter

7. Untuk menghitung besarnya jari-jari bilga (*Radius of bilga*) kita dapat menggunakan cara sebagai berikut :



Gambar 2. *Radius of bilge*

$B/2$  = 1/2 lebar kapal  
 $T$  = sarat (m)  
 $a$  = *rise of floor*  
 $R$  = jari-jari bilga

$M$  = titik pusat kelengkungan bilga

Dalam  $\text{tg } \theta = AE/BE = B/2a$ ,

Luas trapesium ABCD =  $\frac{1}{2} B/2 (T + T - a) = B/4 (2T - a) \text{ (m}^2\text{)}$

Luas bentuk AFGHCDA =  $\frac{1}{2}$  luas  $\otimes = \frac{1}{2} \times B \times T \times \beta \text{ (m}^2\text{)}$

Jadi luas bentuk FBHGE = luas ABCD – luas AFGHCDA

$= B/4 (2T - a) - \frac{1}{2} B.T. \beta \text{ (m}^2\text{)}$

Luas FBG =  $\frac{1}{2}$  luas FBHGE =  $\frac{1}{2} \{ \frac{1}{4} B (2T - a) - \frac{1}{2} B.T. \beta \text{ (m}^2\text{)} \}$

1 Luas FBG =  $\frac{1}{2} MF \cdot FB = \frac{1}{2} R \cdot R$

$\text{tg } \theta = \frac{1}{2} R^2 \cdot \text{tg } \theta$

Luas jarring MFG =  $\theta / 360 \times R^2 \mu$

Luas FBG = luas FBM – luas jarring MFG

$= (\frac{1}{2} R^2 \cdot \text{tg } \theta - \theta / 360 \times R^2 \mu) \text{ (m}^2\text{)}$

2 Persamaan 1 = 2

$\frac{1}{4} B (2T - a) - \frac{1}{2} B.T. \beta = \frac{1}{2} R^2 \cdot \text{tg } \theta - \theta / 360 \times R^2 \mu$

$\frac{B (2T - a) - 2.B.T. \beta}{8} = (\frac{1}{2} \text{tg } \theta - \theta / 360 \cdot 3,14) R^2$

$R^2 = \frac{B (2T - a) - 2.B.T. \beta}{8 (1/2 \text{tg } \theta - \theta / 360 \cdot 3,14)}$

Radius of bilge =  $R = \sqrt{\frac{B (2T - a) - 2.B.T. \beta}{8 (1/2 \text{tg } \theta - \theta / 360 \cdot 3,14)}}$

### Hambatan Kapal

Besar kecilnya hambatan kapal yang akan terjadi selain tergantung pada besar kecilnya kecepatan kapal, juga banyak tergantung dari parameter-parameter rencana garis kapal.

- 1 Panjang kapal (L)

Panjang kapal sangat berpengaruh pada besar

kecilnya bilangan Froude ( $Fn = \frac{V_o}{\sqrt{gL}}$ ), yang

berarti pula dapat menentukan besar kecilnya hambatan gelombang kapal ( $R_w$ ).

Dalam membicarakan hubungan parameter panjang kapal terhadap hambatan sering dipakai perbandingan panjang sebagai berikut ;

$$\frac{V}{(L/10)^3} \text{ atau } \frac{\Delta}{(L/10)^3}$$

Bertambah panjang kapal pada displacement tetap dapat memperkecil perbandingan terhadap displacement kapal (berat jenis tahanan sisa)

## 2 Lebar (B)

Bertambah besar lebar kapal pada panjang yang tetap, berpengaruh negatif pada keseimbangan. Teori dan beberapa percobaan menunjukkan bahwa hambatan gelombang bertambah proporsional dengan lebar kapal berpangkat kurang dari 2.

Dalam proses perencanaan kapal, analisa hubungan ukuran utama dilihat dari perbandingan L/B. Bertambah besar L/B dapat memperkecil tahanan gelombang.

## 3 Sarat (T)

Bertambah besar sarat kapal (T), hambatan gelombang pertama-tama cepat bertambah besar kemudian lambat laun akan turun. Bertambah besarnya B/T, dan L konstan, akan bertambah besar hambatan sisa dan hambatan gesek (Rf) karena dengan sendirinya akan memperluas permukaan basah kapal.

## 4 Coeffisien blok (Cb)

Dalam perencanaan kapal nilai Cb harus diambil sedemikian rupa sehingga berhubungan dengan letak titik tekan keatas pada kapal LCB. Besar koefisien blok akan menentukan besar hambatan sisa (Rf). Koefisien Cp tergantung dari besarnya angka Froude, berarti pula akan berpengaruh terhadap besarnya hambatan gelombang kapal. Bertambah kecilnya Cm, berarti pembagian displacement sepanjang kapal akan lebih serasi, sedangkan kebalikannya bertambah besar Cm berarti konsentrasi volume akan terletak ditengah kapal dan bagian depan dan belakang akan kelihatan meruncing.

## Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk dapat kembali ke kedudukan semula setelah mengalami olengan yang disebabkan oleh gaya-gaya dari luar yang mempengaruhinya.

Stabilitas adalah persyaratan utama desain setiap alat apung, tetapi untuk kapal ikan lebih penting dari yang lain karena sebuah kapal ikan harus selalu bekerja dengan beban stabilitas yang berat.

Stabilitas awal adalah stabilitas pada sudut oleng antara 10°-15°. Stabilitas ini ditentukan oleh 3 buah titik yaitu titik berat (*center of gravity*), titik apung (*center of bouyancy*), dan titik metasentra. Adapun pengertian dari masing-masing titik tersebut adalah :

1. Titik berat (G) menunjukkan letak titik berat kapal, merupakan titik tangkap dari sebuah titik pusat dari sebuah gaya berat yang menekan ke bawah. Besarnya nilai KG adalah nilai tinggi titik metasentra (KM) diatas lunas dikurangi tinggi metasentra (MG), dengan formula :

$$KG = KM - MG$$

KG = tinggi titik berat diatas lunas (m)

2. Titik apung (B) menunjukkan letak titik apung kapal merupakan titik tangkap dari resultan gaya-gaya yang menekan tegak ke atas dari bagian kapal yang tercelup. Titik apung diatas lunas (KB) dapat dihitung, dengan formula :

$$KB = Dx \left( \frac{Cw}{Cb} + Cb \right)$$

KB = tinggi titik apung diatas lunas (m)

Dx = sarat kapal (m)

Cw = koefisien garis air

Cb = koefisien blok

3. Titik metasentra (M) merupakan sebuah titik semu dari batas dimana G tidak boleh melewati di atasnya agar kapal selalu mempunyai stabilitas yang positif (stabil). Dinyatakan dengan rumus

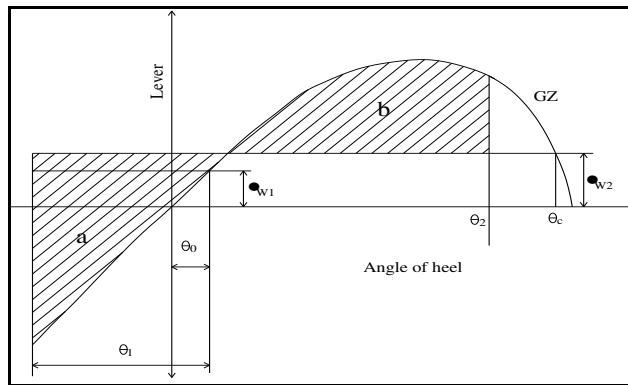
$$KM = KB + BM$$

KB = tinggi titik apung diatas lunas (m)

BM = radius metasentra.

Persyaratan stabilitas menurut IMO (*International Maritime Organization*)

- 1) Dari sudut 0°-30°, luasan dibawah kurva stabilitas statis (kurva GZ) harus tidak boleh kurang dari 3,15 m.radian.
- 2) Dari sudut 0°-40°, luasan dibawah kurva stabilitas statis (kurva GZ) harus tidak boleh kurang dari 5,16 m.radian.
- 3) Dari sudut 30°-40°, luasan dibawah kurva stabilitas statis (kurva GZ) harus tidak boleh kurang dari 1,719 m.radian.
- 4) Kurva GZ harus sedikitnya 0,20 m pada sudut  $\geq 30^\circ$
- 5) Nilai maksimum kurva GZ tidak boleh kurang dari 25°
- 6) Tinggi metasentra GM awal harus tidak boleh kurang dari 0,15 m



Gambar 3. Kurva Stabilitas Statis (Kurva GZ)

### Olah Gerak Kapal

Pada dasarnya kapal yang berada diatas permukaan laut akan selalu memperoleh gaya external yang menyebabkan kapal bergerak (*ship moving*). Gerakan kapal ini disebabkan adanya factor dari luar terutama oleh gelombang.

#### 1. Heaving

Ketika kapal dipaksa bergerak ke dalam air dari posisi keseimbangannya maka akan melepaskan daya apungnya, jika gaya apungnya lebih besar dari bebannya maka kapal akan bergerak tegak lurus untuk mencapai titik keseimbangan awal (normal). Jika berat beban lebih berat, daya apung akan memperlambat gerakan *heaving* kapal hingga mencapai posisi nol atau normal, berat beban akan membuat kapal bergerak ke bawah maka kapal harus memiliki gaya apung yang besar untuk mengembalikan kapal ke posisi semula yang disebut merespon gaya *restoring force*.

Percepatan yang mengarah kebawah akan meningkat dan kembali sampai posisi keseimbangan dicapai. Ketika *buoyancy* menjadi seimbang dengan berat atau beban, oleh karena daya gerak kapal akan berpindah (gerakan) secara kontinyu sampai keadaan terakhir dicapai ke posisi kapal semula. Gerakan yang bergetar ini dikenal dengan gerakan *heaving*, gerakan yang terjadi selalu arah gerakan kebalikan.

Suatu badan kapal memiliki suatu gerakan percepatan di suatu medium fluida yang berlanjut mengalami suatu gaya yang lebih besar dari massa. Akselerasi kenaikan kekuatan ini dapat digambarkan sebagai produk akselerasi badan kapal dan suatu kuantitas dimensi yang sama ketika massa itu dimasukkan, ditambahkan dasar ini diperlukan untuk *inertial force*. Penambahan massa pada kapal untuk kembali pada posisi semula

disebut *added mass* dengan koefisien pembalik.

Komponen pada perhitungan *heaving* :

$$\omega_w = \sqrt{\frac{2\pi g}{L_w}} = \text{frekuensi}$$

gelombang

$$\omega_e = \omega_w - \frac{\omega_w^2}{g} u \cos = \text{frekuensi yang}$$

berlawanan arah untuk menambah massa agar kapal kembali ke posisi semula

Gaya yang berlawanan dengan arah gerakan sehingga mengurangi amplitude dari gerakan disebut *damping force* gaya damping selalu berlawanan arah dengan gerakan kapal, sehingga menghasilkan pengurangan yang signifikan terhadap amplitude gerakan atau gerakan, dapat dinotasikan :

$$F_b = -b \frac{dz}{dt} \quad b = \text{koefisien damping}$$

untuk *heaving*.

Koefisien damping secara normal tergantung pada faktor berikut ini :

1. Jenis gerakan yang bergetar
2. Temu frekuensi goyangan
3. Format kapal

Diberikan *bouyancy* tambahan yang berlaku pada suatu badan kapal ketika tenggelam untuk suatu *draft* lebih dalam. Jika diasumsi tidak ada perubahan penting pada *waterplan area* selama bergerak, jumlah air yang dipindahkan sama dengan berat jenis untuk menghindari kapal tenggelam disebut *restoring force*. *Restoring force* untuk *heaving* adalah gaya apung tambahan yang memberikan gaya pada badan kapal untuk kembali pada posisi semula, pada saat kapal berada pada sarat. ( $T_{maksimum}$ ).

$$cz = \rho g A_p Z$$

Dimana =  $A_{wp}$  = luas bidang air

$Z$  = *Additional innersia* pada kapal.

Gaya yang dipengaruhi oleh gelombang (*hagging-sagging*) disebut *exciting force*, *exciting force* untuk gerakan *heaving* dipengaruhi oleh gelombang, sehingga *exciting force* pada sebuah penampang memanjang kapal adalah

$$Fo = \rho g z y \xi dx$$

$Fo$  maksimum jika  $M = 90$  atau  $270$  derajat

$$Fo = 2 \rho g h a A_{wp}$$

Dimana =  $h a$  (amplitude gelombang laut)

#### 2. Rolling

Persamaan gerak untuk *rolling* pada umumnya sama dengan *pitching*, dan dapat dinyatakan dengan

$$a \frac{d^2 \theta}{dt^2} + b \frac{d\theta}{dt} + c\theta = M_0 \cos \omega_e t$$

Dimana  $a(d^2 \theta / dt^2)$  adalah momen internal massa sesungguhnya yang dipergunakan untuk *rolling*,  $b(d\theta / dt)$  adalah respon dari *damping moment* dan  $(d\theta / dt)$  adalah kecepatan sudut.

*Damping momen koefisien*

*Damping force* yang bekerja selama gerakan *rolling* berlangsung sangat dipengaruhi oleh beberapa kombinasi dari beberapa faktor antara lain :

1. pembentukan gelombang
2. pergeseran air yang terjadi pada permukaan atau yang terjadi pada pusaran air (*eddy making*)
3. adanya konstruksi tambahan seperti bilge keels, skeg , atau konstruksi sejenis lainnya
4. tahanan angin yang terjadi pada kapal
5. energi yang hilang selama gerakan *rolling*
6. tegangan permukaan

akibat yang ditimbulkan pada faktor 1, 2, 3 dinyatakan lebih signifikan daripada akibat dari factor 4, 5, 6 yang dinyatakan lebih rendah. Sama halnya dengan gerakan *heaving* dan *pitching* nilai damping koefisien sangat penting Selama gerakan *rolling* berlangsung, namun nilai damping koefisien ini lebih kecil dengan nilai factor pembesaran antara 5 - 10 . Nilai damping koefisien ini dapat dirumuskan dengan *strip method* sebagai berikut,

$$b_n = \frac{\rho g^2}{\omega_e^3} \left( \frac{B_n}{2} \right)^2 \bar{A}_\phi \quad \text{dimana } \bar{A}_\phi$$

$$= \frac{\zeta_a}{\phi_a (B_n / 2)} = d_\phi \left( \frac{\omega_e^2 B_n}{2g} \right)^2$$

### 3. Pitching

Empat momen yang berpengaruh pada saat gerakan *pitching* adalah :

- *Added mass inertial moment*
- *Damping moment*
- *Exciting moment*
- *Restoring moment*

Penambahan massa momen inertia untuk *pitching* dapat dihitung pada moment inertia dibawah badan kapal (*sectional area curve*). Dimana diasumsikan bahwa panjang distribusi massa sama dengan panjang *displacement*. Persamaan gerak *pitching* dapat ditulis :

$$a \frac{d^2 \theta}{dt^2} + b \frac{d\theta}{dt} + c\theta = M_0 \cos \omega_e t$$

dimana inertial moment =  $a \frac{d^2 \theta}{dt^2}$  disini

adalah suatu momen inertia yang sebetulnya percepatan sudut dari gerakan *pitching*

*Damping coefficient* dapat diperoleh oleh metode dari potongan, yang ditentukan untuk masing-masing bagian dan kemudian mengintegrasikan pada keseluruhan panjangnya. Dimana damping moment adalah

$$b \frac{d\theta}{dt}$$

b = *damping moment coefficient*

$$\frac{d\theta}{dt} = \text{kecepatan sudut}$$

*Exciting moment* Dalam kaitan dengan ketidakseimbangan momen yang disebabkan oleh ombak pada tengah kapal seperti di kasus gelombang. Gerakan anggukan atau naik turun kapal dapat dikurangi dengan distribusi tekanan hidrostatik. Dimana *Exciting moment* adalah  $M_0 \cos \omega_e t$ .

*Restoring moment* dianggap sebagai cara linear dalam penentuan sudut dari *pitching*.  $c\theta$  dimana  $c$  adalah *restoring moment coefficient*, dan  $\theta$  adalah *displacement* bersudut di dalam *pitching*

### The JONSWAP Spectrum

Bentuk ideal spektrum dideskripsikan dalam subbagian-subbagian sebelumnya diperuntukkan untuk merepresentasikan kondisi gelombang pada lautan terbuka. Bagaimanapun juga ada banyak bagian dari pentingnya teknik di mana terdapat batasan-batasan geografis yang membatasi panjang hembusan angin pada area-area yang beregenerasi itu. Laut Atlantik utara termasuk ke dalam jenis area ini. Perhitungan oseanografis yang ekstensif telah dilakukan di bawah pengawasan JONSWAP- *Joint North Sea Wave Project* (Perairan Kepulauan/ Tertutup). Perhitungan gelombang telah dilakukan dalam beberapa posisi pada jarak-jarak yang berbeda dari pulau Sylt di German Bight ketika angin dalam keadaan *off-shore*. Jarak dari posisi benda yang

diamati dari pantai beragam hingga angka 160 km (100 mil).

Sebagai jenis yang sama, spektrum telah dikomputerisasikan dari perekaman ini memiliki puncak-puncak yang lebih sempit daripada jenis *Pierson-Moskowitz*. Spektrum JONSWAP secara sederhana adalah sebuah bentuk dari spektrum *Bretschneider*.

### Perhitungan dan Analisa Data

Ukuran utama kapal

Nama Kapal : KM.Rizky Mina Abadi

Loa : 17,00 Meter

Lwl : 15,86 Meter

Lpp : 15,11 Meter

Breadth : 5,80 Meter

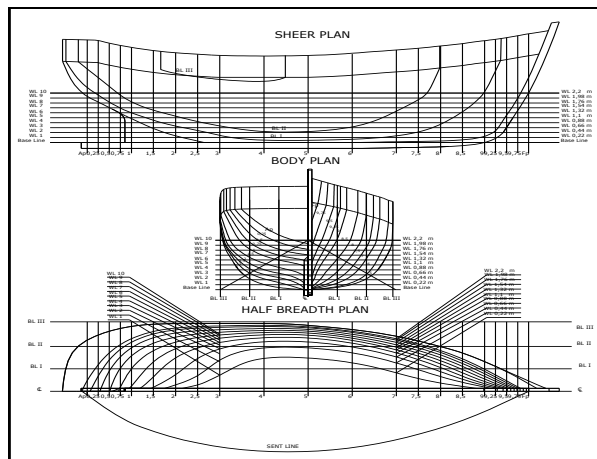
Depth : 2,92 Meter

Draft : 2,20 Meter

Vs : 9 Knots

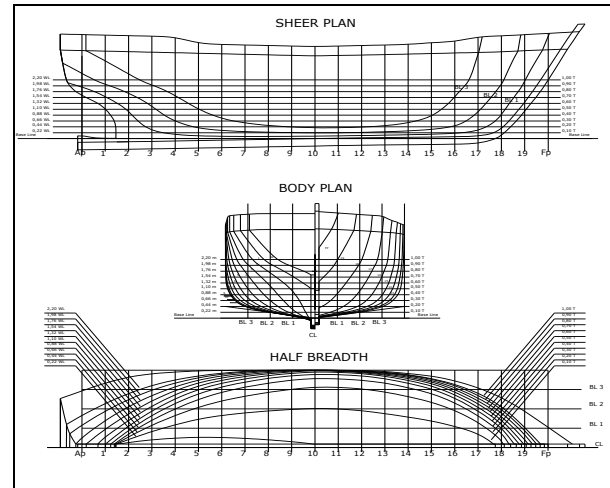
Data Lunas Kapal :

- Tinggi lunas kapal : 28 cm
- Lebar lunas kapal : 26 cm



Gambar 4. Hasil Rencana Garis KM. Rizki Mina Abadi

Pemodelan *Hull Form* Kapal Tipe Batang Dengan Metode *Scheltema*



Gambar 5. Hasil Rencana Garis *Scheltema*

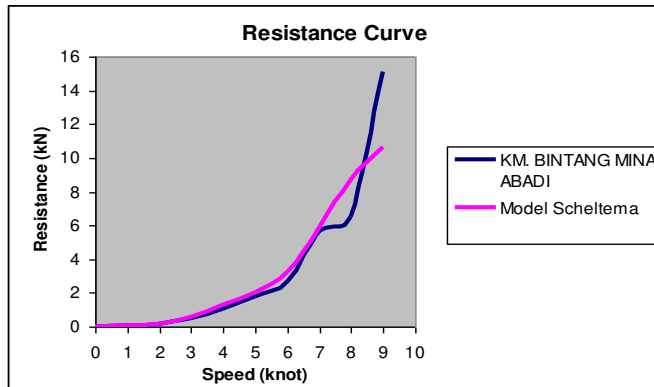
Table 1. Karakteristik ukuran kapal KM. Rizky Mina abadi dan model *Scheltema*

DATA	KM.Rizky Mina Abadi	MODEL SCHELTEMA
LOA (m)	17	17
Lwl (m)	15,3	15,831
Lpp (m)	15,11	15,11
B (m)	5,8	5,8
T (m)	2,2	2,2
Cb	0,487	0,484
Cp	0,656	0,663
Cm	0,742	0,73
Displ (ton)	99,962	100,02
LCB (m)	-0,446	-0,098
Vs (Knot)	9	9

Perhitungan Hambatan Kapal

Table 2. Nilai Hambatan dengan metode *Van Oortmerssen*

speed (knot)	KM.Rizky mina abadi		Model <i>Scheltema</i>	
	resist (kN)	power (kW)	resist (kN)	power (kW)
0	--	--	--	--
1	0,05	0,03	0,05	0,03
2	0,19	0,2	0,2	0,2
3	0,51	0,78	0,58	0,9
4	1,07	2,21	1,26	2,6
5	1,76	4,53	2,07	5,32
6	2,64	8,16	3,27	10,11
7	5,71	20,55	5,91	21,28
8	6,47	26,62	8,68	35,71
9	15,1	69,92	10,64	49,27



Gambar 6. Grafik Perbandingan *Resistance- Speed Hullform metode KM*. Rizky Mina Abadi dan Model *Scheltema*

Dari tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai WSA dan sudut masuk KM. Rizki Mina Abadi lebih kecil dari Model *Scheltema*. Hal itulah yang menyebabkan hambatan total yang diterima KM. Rizki Mina Abadi lebih kecil dari kecepatan 1-8 knot. Sementara pada kecepatan 9 knot hambatan yang diterima KM. Rizki Mina Abadi lebih besar karena pengaruh dari hambatan gelombang.

#### Stabilitas kapal

Dalam menghitung stabilitas suatu kapal kita harus membuat variasi muatan pada beberapa kondisi sehingga diketahui stabilitas untuk tiap kondisinya, seperti berikut ini:

Table 3. Persentase *quantity* pada tiap-tiap kondisi

Item name	Quantity		
	Kondisi I	Kondisi II	Kondisi III
Lightship	1	1	1
Tanki air Tawar	100%	10%	70%
Tanki M.Pelumas	100%	10%	70%
Tanki Bahan Bakar 1	100%	10%	70%
Tanki Bahan Bakar 2	100%	10%	70%
Fish Hold 1	100%	100%	50%
Fish Hold 2	100%	100%	50%
Fish Hold 3	100%	100%	50%
Fish Hold 4	100%	100%	50%
Fish Hold 5	100%	100%	50%

Quantity			
Kondisi IV	Kondisi V	Kondisi VI	Kondisi VII
1	1	1	1
10%	100%	10%	0%
10%	100%	10%	0%

10%	100%	10%	0%
10%	100%	10%	0%
50%	20%	10%	0%
50%	20%	10%	0%
50%	20%	10%	0%
50%	20%	10%	0%
50%	20%	10%	0%

Hasil *running* perhitungan stabilitas dengan menggunakan perangkat lunak *Maxsurf Hydromax Version 9.6*. berdasarkan standar IMO pada tiap-tiap kondisi

Table 4. Hasil running perhitungan stabilitas menurut standar IMO A. 749(18)Ch3

Kondisi	Criteria			
	Area 0 to 30			
	Req	KM. RMA	MS	Status
I	3,15 m.deg	11,396	10,7	Pass
II	3,15 m.deg	10,343	9,734	Pass
III	3,15 m.deg	5,193	3,359	Pass
IV	3,15 m.deg	3,157	0,973	Fail
V	3,15 m.deg	13,166	10,44	Pass
VI	3,15 m.deg	10,457	7,565	Pass
VII	3,15 m.deg	12,684	9,865	Pass

Kondisi	Criteria			
	Area 0 to 40. or Downflooding point			
	Req	KM. RMA	MS	status
I	5,16 m.deg	19,195	17,263	Pass
II	5,16 m.deg	17,478	15,832	Pass
III	5,16 m.deg	9,012	5,257	Pass
IV	5,16 m.deg	5,601	1,465	Fail
V	5,16 m.deg	22,718	18,179	Pass
VI	5,16 m.deg	18,051	13,642	Pass
VII	5,16 m.deg	21,966	17,721	Pass



Kondisi	Criteria			
	Area 30 to 40. or Downflooding point			
	Req	KM. RMA	MS	status
I	1,719 m.deg	7,8	6,565	Pass
II	1,719 m.deg	7,135	6,098	Pass
III	1,719 m.deg	3,819	1,898	Pass
IV	1,719 m.deg	2,444	0,492	Fail
V	1,719 m.deg	9,552	7,743	Pass
VI	1,719 m.deg	7,593	6,077	Pass
VII	1,719 m.deg	9,281	7,856	Pass

Kondisi	Criteria			
	GZ at 30. or greater			
	Req	KM. RMA	MS	status
I	0,2 m	0,874	0,683	Pass
II	0,2 m	0,788	0,632	Pass
III	0,2 m	0,395	0,204	Pass
IV	0,2 m	0,251	0,068	Fail
V	0,2 m	1,175	0,909	Pass
VI	0,2 m	0,967	0,765	Pass
VII	0,2 m	1,234	1,038	Pass

Kondisi	Criteria			
	Angle of GZ max			
	Req	KM. RMA	MS	status
I	25 deg	52,7	44,5	Pass
II	25 deg	50,9	43,6	Pass
III	25 deg	40	30,9	Pass
IV	25 deg	37,3	29,1	Pass
V	25 deg	59,1	52,7	Pass
VI	25 deg	58,2	53,6	Pass
VII	25 deg	60	58,2	Pass

Kondisi	Criteria			
	GM			
	Req	KM. RMA	MS	status
I	0,15 m	1,459	1,511	Pass
II	0,15 m	1,309	1,316	Pass
III	0,15 m	0,601	0,45	Pass
IV	0,15 m	0,336	0,074	Fail
V	0,15 m	1,709	1,365	Pass
VI	0,15 m	1,375	0,909	Pass
VII	0,15 m	1,668	1,206	Pass

Table 5. Periode oleng KM.Rizky Mina Abadi dan Model Scheltema

Kondisi	Periode Oleng		Unit
	KM.Rizky Mina Abadi	Model Scheltema	
I	4,126876	4,04687865	Detik
II	4,3724749	4,36083048	Detik
III	6,6864602	7,66339948	Detik
IV	8,9823094	19,0553811	Detik
V	4,338068	4,70702345	Detik
VI	4,8824531	5,85834271	Detik
VII	4,4329354	5,09664147	Detik

Berdasarkan tabel status kedua model diatas dapat diketahui bahwa KM. Rizky Mina Abadi memenuhi ketentuan-ketentuan yang disyaratkan oleh IMO pada semua kondisi. Sementara model *Scheltema* tidak memenuhi ketentuan IMO pada kondisi IV dimana bahan bakar tinggal 10% dan muatan 50%. Pada kondisi ini kapal tidak seimbang karena gaya apung dan berat kapal hampir tidak membentuk lengan koppel. Maka dari itu kondisi IV ini harus dihindari dengan menyiasati penempatan muatan sehingga nilai KG seakin rendah.

#### Olah Gerak Kapal

Berdasarkan *World Meteorological Organization, Jonswap* mendeskripsikan jenis gelombang menjadi tiga kondisi dengan tinggi gelombang, periode dan kecepatan angin yang bervariasi untuk tiap-tiap kondisi. Untuk lebih jelasnya pembagian kodisinya adalah sebagai berikut :

1. *Slight Water*  
*Significant Wave Height* : 0,875 m  
*Period* : 7,50 s  
*Wind speed* : 13,5 Knots
2. *Moderate Water*  
*Significant Wave Height* : 1,875 m  
*Period* : 8,80 s  
*Wind speed* : 19 Knots
3. *Rough Water*  
*Significant Wave Height* : 3,25 m  
*Period* : 9,7 s  
*Wind speed* : 24,5 Knots

Hasil proses *running* dengan menggunakan program *Maxsurf Sea Keeper* adalah sebagai berikut :

1. *Slight Water*

Table 6. Nilai amplitudo dan velocity KM.Rizky Mina Abadi dan Model Scheltema pada kondisi *Slight water*

Item	Wave Heading	KM. Rizky Mina Abadi		Model Scheltema	
		Amplitudo	Velocity	Motion	Velocity
Heaving	0 deg	0,175 m	0,088 m/s	0,171 m	0,086 m/s
	45 deg	0,187 m	0,116 m/s	0,184 m	0,114 m/s
	90 deg	0,219 m	0,227 m/s	0,22 m	0,227 m/s
	180 deg	0,271 m	0,413 m/s	0,275 m	0,413 m/s
Pitching	0 deg	1,31 deg	0,01098 deg/s	1,19 deg	0,0102 deg/s
	45 deg	1,28 deg	0,01523 deg/s	1,17 deg	0,01387 deg/s
	90 deg	1,09 deg	0,03067 deg/s	1,02 deg	0,02856 deg/s
	180 deg	1,83 deg	0,0562 deg/s	1,76 deg	0,05348 deg/s
Rolling	45 deg	1,82 deg	0,02177 deg/s	1,87 deg	0,0225 deg/s
	90 deg	3,06 deg	0,07055 deg/s	3 deg	0,06722 deg/s

2. *Moderate Water*

Table 7. Nilai amplitudo dan velocity KM.Rizky Mina Abadi dan Model Scheltema pada kondisi *Moderate water*

Item	Wave Heading	KM. Rizky Mina Abadi		Model Scheltema	
		Amplitudo	Velocity	Motion	Velocity
Heaving	0 deg	0,403 m	0,194 m/s	0,398 m	0,191 m/s
	45 deg	0,426 m	0,243 m/s	0,422 m	0,24 m/s
	90 deg	0,476 m	0,421 m/s	0,475 m	0,421 m/s
	180 deg	0,546 m	0,729 m/s	0,552 m	0,73 m/s
Pitching	0 deg	2,26 deg	0,01888 deg/s	2,07 deg	0,01762 deg/s
	45 deg	2,23 deg	0,02568 deg/s	2,04 deg	0,02346 deg/s
	90 deg	1,81 deg	0,04897 deg/s	1,69 deg	0,04559 deg/s
	180 deg	3,12 deg	0,09292 deg/s	3,02 deg	0,0886 deg/s
Rolling	45 deg	2,97 deg	0,03519 deg/s	3,04 deg	0,03635 deg/s
	90 deg	5,06 deg	0,1144 deg/s	4,98 deg	0,1094 deg/s

3. *Rough Water*

Table 8. Nilai amplitudo dan velocity KM.Rizky Mina Abadi dan Model Scheltema pada kondisi *Rough water*

Item	Wave Heading	KM. Rizky Mina Abadi		Model Scheltema	
		Amplitudo	Velocity	Motion	Velocity
Heaving	0 deg	0,721 m	0,333 m/s	0,713 m	0,33 m/s
	45 deg	0,757 m	0,409 m/s	0,751 m	0,405 m/s
	90 deg	0,827 m	0,666 m/s	0,826 m	0,666 m/s
	180 deg	0,915 m	1,116 m/s	0,884 m	1,083 m/s
Pitching	0 deg	3,4 deg	0,02828 deg/s	3,14 deg	0,02644 deg/s
	45 deg	3,4 deg	0,03823 deg/s	3,11 deg	0,03495 deg/s
	90 deg	2,72 deg	0,07077 deg/s	2,54 deg	0,06587 deg/s
	180 deg	4,67 deg	0,1361 deg/s	4,48 deg	0,1394 deg/s
Rolling	45 deg	4,32 deg	0,05073 deg/s	4,43 deg	0,05234 deg/s
	90 deg	7,44 deg	0,166 deg/s	7,33 deg	0,1589 deg/s

Keterangan tabel :

- Menunjukkan kapal yang nilai amplitudonya paling kecil
- Menunjukkan kapal yang nilai velocitynya paling kecil

Pada tugas akhir ini yang menjadi kriteria penulis dalam menentukan olah gerak kapal yang paling baik, bukan hanya dari nilai amplitudo yang paling kecil tapi juga terjadi atau tidaknya *deck wetness* pada kondisi perairan *Slight Water*, *Moderate Water*, dan *Rough Water* dari tiap *wave heading* yang ditinjau. Terjadi atau tidaknya *deck wetness* dapat diketahui dari animasi pada program *Maxsurf Sea Keeper version 9.6.* Hasil pengamatan animasi adalah sebagai berikut:

Table 9. Kriteria olah gerak KM.Rizky Mina Abadi dan Model Scheltema

Item	Wave Heading	Criteria	
		KM. Rizky Mina Abadi	Model Scheltema
<i>Slight Water</i>	0 deg	Tidak terjadi deck wetness	Tidak terjadi deck wetness
	45 deg	Tidak terjadi deck wetness	Tidak terjadi deck wetness
	90 deg	Tidak terjadi deck wetness	Tidak terjadi deck wetness
	180 deg	Tidak terjadi deck wetness	Tidak terjadi deck wetness
<i>Moderate Water</i>	0 deg	Tidak terjadi deck wetness	Tidak terjadi deck wetness

	45 deg	Tidak terjadi deck wetness	Tidak terjadi deck wetness
	90 deg	Terjadi deck wetness	Tidak terjadi deck wetness
	180 deg	Tidak terjadi deck wetness	Tidak terjadi deck wetness
Rough Water	0 deg	Tidak terjadi deck wetness	Tidak terjadi deck wetness
	45 deg	Tidak terjadi deck wetness	Tidak terjadi deck wetness
	90 deg	Terjadi deck wetness	Terjadi deck wetness
	180 deg	Tidak terjadi deck wetness	Tidak terjadi deck wetness

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi komparasi terhadap kapal ikan tipe daerah Batang yaitu KM. Rizky Mina Abadi dan kapal yang dimodelkan dengan metode *Scheltema* dapat disimpulkan bahwa :

- Pada kecepatan maksimal yaitu 9 knot, besar hambatan yang diterima model *Scheltema* adalah 10,64 kN sedangkan dari KM. Rizky Mina Abadi adalah sebesar 15,10 kN.
- Pada kecepatan 9 knot, kapal yang dimodelkan dengan model *Scheltema* dapat mereduksi hambatan sebesar mereduksi hambatan sebesar 29,54 % dari hambatan yang diterima kapal tipe Batang.
- Berdasarkan ketentuan yang disyaratkan oleh IMO (*International Maritime Organization*) dengan Code A.749(18) Ch3- *design criteria applicable to all ships* stabilitas KM. Rizky Mina Abadi lebih baik dari model *Scheltema* secara keseluruhan.
- Olah gerak (*seakeeping performance*) model *Scheltema* secara keseluruhan lebih baik dari KM. Rizky Mina Abadi.

### Daftar Pustaka

- Causser, P, 2000, **“Seakeeping analysis for preliminary design”**, *Formation Design System pty.Ltd.* UK.
- F.B, Robert, 1988, **“Motion In Waves and Controllability”**, *Principles of Naval Architecture Volume III*,\_ The Society of Naval Architects and Marine Engineers, USA.
- Fyson, J. 1985, *Design of Small Fishing Vessels*. Fishing News Book Ltd. UK
- Gulbrandsen, 1982, **“Reducing The Fuel Cost of small Fishing Boat ”**, *International Journal, Bay of Bengal Programme Development of small-Scale Fisheries*, Bangladesh.
- Harvald, 1978, *Resistance and Propulsion of Ships*, John Wiley and Sons, USA.

- Mulyanto, RB, 1990, **“Pengertian Dasar Besaran-Besaran Kapal”**, Yearbook PI BPPT, Indonesia
- Nomura, M., and T. Yamazaki. 1977. *Fishing Techniques* . Japan International Cooperation Agency. Japan.
- Rojas, P, 1982, **“Some Experimental Result on the Stability of Fishing Vessels”**, *Proceedings 8<sup>th</sup> International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles*, Spain
- Santoso, IGM, Sudjono, YJ, 1983, *Teori Bangunan Kapal*, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Indonesi
- Scheltema de heree, R.F, 1969, *Bouyancy and stability of ships*. Deputy Director of Naval Construction of The Royal Netherlands Navy, Netherlands.
- Suhariyanto, 2003, **“Penyiapan Bahan Standarisasi Kapal Purse Seine Pekalongan”**, *Gelar Teknologi Penangkapan, Kajian Teknis Kapal, dan Informasi Sumber Daya Ikan BPPI*, Indonesia
- Tenggara, JL, 2007, *Kajian propeller-engine matching*, UNDIP, Indonesia
- Van Lammeren, W.P.A, 1948, *Resistance, Propulsion, and Steering of Ships: A manual for designing hull, propeller, and rudders*, The Technical Publishing Company H, Stam-Haarlem.
- Watson, DGM, 1998, *Practical Ship Design*, The Technical Publishing Company, UK